

# NEKATERE ZNAČILNOSTI PRENIKAJOČE VODE NA LUNANSKEM KRASU, YUNNAN, KITAJSKA

## SOME PROPERTIES OF THE PERCOLATION WATER IN THE KARST OF LUNAN, YUNNAN PROVINCE, CHINA

JANJA KOGOVŠEK<sup>1</sup>

Izvleček

UDK 556.3(510)

**Janja Kogovšek:** Nekateri značilnosti prenikajoče vode na Lunanskem krasu, Yunnan, Kitajska

Julija 1996 in septembra 1997, v začetku in ob koncu deževne dobe, so bile na krasu v kitajski provinci Yunnan ugotovljene osnovne značilnosti prenikajoče vode v podzemnih jamah Jiuxiang, Baiyun, Xin-Shi in Wayao. Podane so osnovne značilnosti dežja in nekatere analize zemljin na tem krasu. Ugotovljene so tudi tiste komponente zemljin, ki jih padavine lahko spirajo in tako vplivajo na proces raztapljanja kamnine oz. zakrasevanje. Visoka vsebnost karbonatov (do 7.7 mekv/l) v prenikli vodi, ki je bila izmerjena v sigastih ponvich v jamah Jiuxiang in Baiyun, pogojuje izločanje sige.

**Ključne besede:** krasoslovje, prenikajoča voda, raztapljanje in izločanje, Yunnan, Kitajska.

Abstract

UDC 556.3(510)

**Janja Kogovšek:** Some properties of the percolation water in the karst of Lunan, Yunnan province, China

In July 1996 and in September 1997, at the beginning and at the end of the rainy season, we studied the basic characteristics of the percolation water in the Jiuxiang, Baiyun, Xin-Shi and Wayao caves in the Chinese province of Yunnan. The basic characteristics of rainfall and some analyses of soil there are given. Those soil components that may be washed away by rainwater and thus influence rock solution or karstification are identified. High carbonate levels (up to 7.7 mekv/l) in the percolation water, measured in micro-gours in the Jiuxiang and Baiyun caves, control the flowstone deposition

**Key words:** karstology, percolation water, solution and deposition, Yunnan, China.

<sup>1</sup> Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, SI - 6230 POSTOJNA, SLOVENIJA

## UVOD

V juliju 1996 smo v okviru mednarodnega znanstvenega sodelovanja med Slovenijo in Kitajsko, ki ga je omogočilo Ministrstvo za znanost in tehnologijo RS, raziskovali v sodelovanju s kitajskimi kolegi z Geografskega inštituta iz Kunminga tudi značilnosti kraške vode na njihovem krasu v okolici Lunana. Povprečna letna količina padavin območja je 796 mm, povprečna relativna vlaga 75.3 % in povprečna letna temperatura 15.6°C. Sicer pa letna količina padavin od leta do leta zelo niha. Več kot 80 % vseh letnih padavin pade v deževnem obdobju nekako od junija do oktobra.

### Metodologija dela

Preniklo vodo v podzemnih jamah smo vzorčevali v večini primerov neposredno na jamskem stropu. Pretoke smo v večini primerov ocenili glede na ulovljeno količino v določenem času. Ob zajemu vodnih vzorcev smo na terenu določili temperaturo na desetinko natančno in specifično el. prevodnost - SEP na 1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (julija 1996 z aparatom LF 91-WTW, septembra 1997 pa z LF 196) ter pH vzorcev (aparatus pH 90-WTW). Primerjava - interkalibracija obeh konduktometrov je pokazala dokaj dobro ujemanje. V območju 150 do 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  smo z LF 91 določali od 1 do 0 % prenizke vrednosti in v območju 250 do 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  od 0 do 1 % previsoke vrednosti.

### SESTAVA DEŽJA

Daoxian (1991) navaja sestavo dežja: pH, vsebnost kalcija, magnezija, natrija, kalija ter kloridov, sulfatov, nitratov in amonija za nekaj območij Kitajske, vendar ne tudi za območje Yunnana. Ugotavlja vpliv matične kamnine, kot tudi vplive človekove dejavnosti, kot so dim in onesnaževanje zaradi cementarn in kamnolomov. Navaja, da je vsebnost kalcija v dežju na krasu znatno večja, preko 5 mg/l (oz. 12.5 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ ) kot na nekraškem svetu, kjer je pod 0.1 mg/l.

Prva naša vzorčevanja in meritve dežja smo opravili v Kamnitem gozdu v juliju 1996. Od 9. do 14. julija je padlo skupno 87 mm padavin. Ozračje je bilo tako 16. julija zvečer, ko je začelo ponovno deževati, dokaj dobro sprano. V času pred polnočjo je padlo po naši oceni 10 mm dežja, od polnoči do jutra pa po naših meritvah še nadaljnjih 42 mm dežja. Tedaj smo tudi zajeli 1. vzorec dežja. Padavine so se občasno nadaljevale še preko dneva, ko je padlo 14 mm dežja in smo zajeli 2. vzorec dežja. Te naše meritve količine dežja so se dobro skladale z meritvami na padavinski postaji Dakenyan. Po podatkih te padavinske merilne postaje je padlo 16. julija 56.6 mm dežja, 17. julija pa 11 mm, skupno 67.6 mm.

Naslednji, zelo skromen dež je padel ponoči z 20. na 21. julij in sicer je bilo to le počasno pršenje. V Kamnitem gozdu smo izmerili 3.5 mm, v Dakenyanu pa so zabeležili 5.5 mm. Nekoliko več dežja pa je padlo naslednjo noč, v Kamnitem gozdu po naših meritvah 10 mm, pri Dakenyanu pa 26.5 mm. Tudi opazovanje vodostaja voda ob vzorčevanju voda je dajalo vtis, da je v približno 7 km oddaljenem Dakenyanu in na območju NO od Kamnitega gozda v primerjavi s Kamnitim gozdom padlo več padavin, da gre občasno za lokalne razlike.

V vseh primerih smo vzorčevali dež od začetka do konca padavin, tako, da sem analizirala kompozitorne vzorce dežja. Rezultati meritev so razvidni iz tabele 1. Temperatura ozračja je preko dneva in noči le malo nihala okoli vrednosti 20°C. SEC vzorcev je obratno sorazmerna količini padavin, kar se zdi logično, saj se je onesnaženje iz zraka spiralo z manjšo ali večjo količino dežja, ko so nastopili manjši ali večji razredčevalni učinki. Ob nizkih vrednosti SEP in pH (v noči na 22.7.96) je dež vseboval 0.12 mekv/l (6 mg CaCO<sub>3</sub>/l) kalcija in magnezija. Ob pršenju 20. julija smo izmerili znatno višjo SEP in tudi pH, zaradi česar sklepamo, da je bila tudi vsebnost raztopljenih karbonatov tedaj verjetno višja.

Ob ponovnem obisku 25. septembra 1997 je rosilo in preko dneva je padlo le 7 mm dežja. Popoldne pa je začelo močneje deževati in kasneje v presledkih deževalo še preko naslednjega dne. Močno se je ohladilo, saj smo izmerili 14°C. Skupno je padlo 25 mm dežja, ki smo ga analizirali (tabela 1). Dež je vseboval 0.2 mekv/l kalcija in magnezija (10 mg CaCO<sub>3</sub>/l). Tudi naslednja dva dni je počasi deževalo z občasnimi prekinitvami, ko je padlo 10 mm dežja, ki je vseboval 14 mg CaCO<sub>3</sub>/l.

Tabela 1: Značilnosti dežja v Kamnitem gozdu.  
Table 1: The characteristics of rain in Stone Forest.

Čas vzorčevanja	Količina dežja	T	SEP	pH	Karbonati	Ca+Mg
Time of sampling	Quantity of rain	T	SEC	pH	Carbonates	Ca+Mg
	mm	°C	μS/cm		mekv/l	mekv/l
16.-17.7.96	42	19.5	29	7.15	0.12	0.06
17.07.96	14	18.5	44	7.95		
20.-21.7.96	3.5	20.5	76	8.24		
21.-22.7.96	10	19.0	44	7.18		0.12
25.-26.9.97	25	14.0	17	7.12	0.12	0.20
26.-28.9.97	10	20.5		7.72		0.28

V okviru meritev in analiz padavin v Postojni v času od 1985 do 1987 smo izmerili nihanja SEP med 10 in 285 μS/cm s povprečno vrednostjo 45 μS/cm. Dež z višjo SEP, ki je vseboval več kalcija in karbonatov, je imel tudi povišane vrednosti pH, kar smo pripisali burji oz. raztapljanju karbonatnih delcev

matične kamnine v zraku. Povprečna vrednost vsote kalcija in magnezija v dežju je bila 6.8 mg CaCO<sub>3</sub>/l in povprečna vrednost pH 4.5. Občasno smo zabeležili tudi opazneje povišane vrednosti sulfatov, nitratov in kloridov (Kogovšek & Kranjc 1988).

Za podrobnejšo sliko sestave padavin v Kamnitem gozdu bi bile potrebne obsežnejše analize ob najrazličnih padavinskih dogodkih, poleg pH, SEP, vsebnosti karbonatov, kalcija in magnezija, pa še določitve vsebnosti nitratov, sulfatov in kloridov.

### ZNAČILNOSTI PRENIKAJOČE VODE V PODZEMNIH JAMAH

Padavinska voda, ki prenika najprej skozi tanjšo ali debelejšo plast zemljin z vegetacijo, v primerih ko te ni, pa neposredno skozi različno debele karbonatne kamnine, se pojavi kot prenikla voda v podzemnih jamah. Vse dogajanje na poti do podzemne jame se odraži v sestavi prenikle vode v jami.

K raztapljanju karbonatnih kamnin lahko pomembno prispevajo zemljine z vegetacijo nad njo. Da bi spoznali vpliv zemljin, smo na površju zajeli nekaj vzorcev prsti in jim določili vsebnost karbonatov, organskega ogljika in fosfatov (tabela 2). Da bi določili, katere komponente padavine lahko spirajo iz prsti, pa smo zmlate vzorce ob občasnem mešanju namakali v destilirani vodi (5g v 500 ml 6 dni) in po centrifugiranju določali v vodni ratopini vsebnost: kloridov, nitratov, sulfatov, fosfatov, silicija, kalcija in magnezija ter pH. Rezultati so zbrani v tabeli 3.

Tabela 2: Analize zemljin.

Table 2: Soil analyses.

Vzorec	Karbonati	organski C	P2O5
Sample	Carbonates	organic C	P2O5
	%	g/100g	mg/100g
Kamniti gozd	0	0.39	24
P1- pri Maoshuidong	1.08	1.7	48
P2 - pri Guanyindong	0.8	1.4	28

Tabela 3: V vodi topne komponente zemljin.

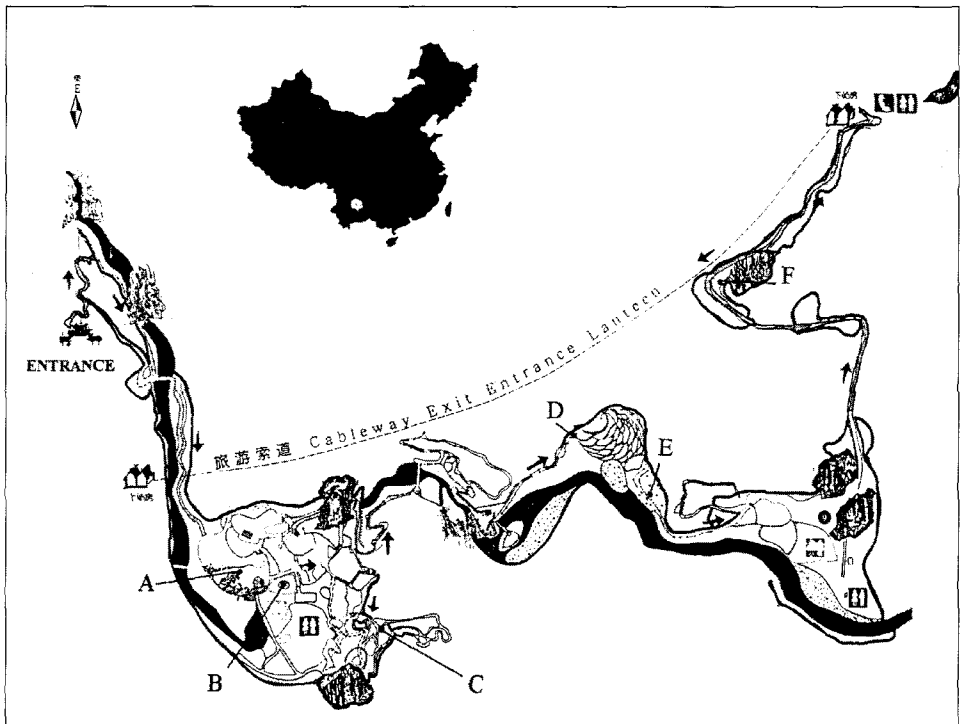
Table 3: Components of soil soluble in water.

Vzorec	pH	Kalcij	Magnezij	S ilicij	Kloridi	Nitrati	Fosfati
Sample	pH	Calcium	Magnesium	Silica	Chlorides	Nitrates	Phosphates
		mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g
Kamniti gozd	6.65	50	3.6	170	5	9	1
P1-pri Maoshuidong	6.3	20	1.2	78	5	2.2	0.2
P2 - pri Guanyindong	8	8	2.4	99	5	11	0.4

Ob obisku podzemnih jam Jiuxiang, Baiyum, Xin-Shi in Wayao v Yunnanu smo zajeli več vzorcev prenikle vode, opravili meritve in nekatere analize, ki so pokazale osnovne značilnosti preniklih voda tega dela kitajskega krasa. Daoxian (1991) ugotavlja za prenikajočo vodo v jami Muyuanfu (Guilin) karbonatno trdoto med 1,6 in 5,7 mekv/l (100 - 350 mg  $\text{HCO}_3^-/\text{l}$ ), medtem ko nismo zasledili podatkov za Yunnan, da bi primerjali naše meritve.

### Jama Jiuxiang

Ogled jame Jiuxiang nam je dal vtis podobnosti s Škocjanskimi jamami. V jamo ponika reka Mai Tian. Turistična pot poteka vzdolž njenega površinskega in podzemnega kanjona in dalje v obsežne dvorane. Opazili smo več kapljanj in manjših curkov prenikle vode. Dva tedna pred našim obiskom julija 1996 ni bilo večjih padavin. Zajeli smo vzorec reke Mai Tian in tri vzorce prenikle vode (slika 1). Ob obisku septembra 1997 smo ponovno zajeli vzorec reke Mai Tian, štiri vzorce prenikle vode in dotekajočo vodo v velike in manjše ponvice.



Sl. 1: Jama Jiuxiang: zajemna mesta prenikle vode A, B, C, D, E in F.  
Fig. 1: Jiuxiang Cave: sampling points of percolation water (A, B, C, D, E and F).

## Reka Mai Tian

Dne 13.7.1996 je bila voda reke Mai Tian pred ponorom ob 13.00 srednje kalna z nekoliko povišanim pretokom, izmerili smo temperaturo 20.1 °C, specifično električno prevodnost (SEP) 184  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in pH 8.26. Vzorec smo pred nadaljnji analizi prefiltrirali skozi filter modri trak, vendar je ostal tudi po filtraciji še moten, kar kaže na prisotnost zelo finih trdnih delcev. Voda je vsebovala 1.76 mekv/l (107 mg  $\text{HCO}_3^-/\text{l}$ ) karbonatov in 0.88 mekv/l (17.6 mg  $\text{Ca}^{2+}/\text{l}$ ) kalcija. Vsebnost magnezija je bila enaka vsebnosti kalcija, tako da je znašalo razmerje Ca/Mg 1, kar pomeni da reka dobiva vodo z dolomitnega območja.

Naslednje leto smo zajeli vzorec Mai Tian na istem mestu 23. septembra ob nekoliko višjem vodostaju, ki pa je bil v upadanju. Voda je imela temperaturo 17.7 °C, SEP je znašala 147  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in pH pa 8.95. Voda je vsebovala 1.42 mekv/l karbonatov, 0.84 mekv/l kalcija in 0.64 mekv/l magnezija, tako da je razmerje Ca/Mg znašalo 1.3. V primerjavi s preniklo vodo v jami, so vrednosti SEP in trdot opazno nižje, kar govori o neprimernosti uporabe te vode za zapolnjevanje preko leta pretežno suhih velikih ponvic v jami.

## Prenikla voda

Tudi vzorci prenikle vode v jami Juixiang so imeli razmerje Ca/Mg okoli vrednosti 1, kar pomeni, da padavinska voda prenika skozi dolomitno oz. dolomitizirano kamnino. Vzorec A-97 (slika 1) smo zajeli septembra 1997 in je kapljanje s pretokom okoli 10 ml/min v sicer zelo suhem delu jame na vrhu stopnic v prehodu iz kanjanskega v suhi del jame. Vzorec B-96 smo zajeli julija 1996 in je močnejše kapljanje oz. že kar curek, ki s 5 m visokega stropa in s pretokom približno 70 ml/min pada v zbiralnik v prostrani dvorani. Že takojšnja meritev SEC te vode je pokazala visoke vrednosti, zaradi česar sem predpostavljala morebiten vir onesnaženja na površju. To je nakazala tudi kasnejša primerjava vsebnosti karbonatov in celokupne trdote te vode z drugimi preniklimi vodami. Po končanem obisku jame smo se s sedežnico odpeljali na izhodno točko. Ugotovili smo, da je končna postaja te sedežnice nad dvorano, kjer smo zajeli omenjen vzorec in tako obstaja možnost onesnaževanja s površja. Žal tedaj nismo imeli možnosti opraviti še analiz nitratov, kloridov in sulfatov, ki bi naše predvidevanje tudi lahko potrdile.

Septembra 1997 smo ponovno zajeli vzorec te vode B-97 in ugotovili nižje vrednosti SEP in vseh trdot, 9 mg/l kloridov ter večjo prisotnost sulfatov, ki pa smo jih določili le kvalitativno. Vse meritve in analize so razvidne iz tabele 4 ter slik 2 in 3. Tudi izdatnejše kapljanje na točki C v stranskem rovu dosega visoko SEP in predvsem celokupno trdoto, vsebovala pa je še 6 mg/l kloridov, medtem ko sulfati niso bili povišani. Žal tudi tokrat nismo mogli določiti nitratov.

Tabela 4: Značilnosti prenikle vode v kraških jamah Jiuxiang, Baiyun, Xin-Shi in Wayao.

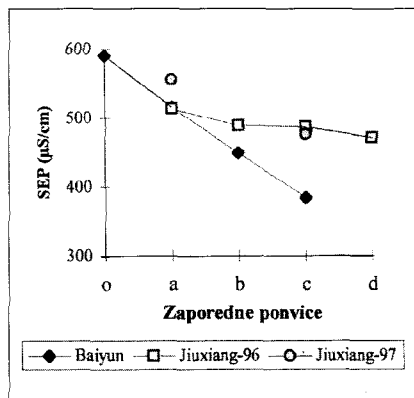
Table 4: The characteristics of percolation water in Jiuxiang, Baiyun, Xin-Shi and Wayao caves.

Jama	Mesto	Pretok	T	SEP	pH	Karbonati	Ca	Mg	Celok. t.	Ca/Mg	Nekarb.t.
Cave	Place	Dischar.	T	SEC	pH	Carbonat.	Ca	Mg	Total h.	Ca/Mg	Noncar.h.
		ml/min	oC	µS/cm		mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l		mekv/l
Jiuxiang	A - 97			331	8.40	3.36	1.28	2.07	3.35	0.6	
	B - 96	70	20.0	605	8.40	5.12	2.72	2.88	5.60	0.9	0.48
	B - 97		17.2	500	8.15	4.75	2.47	2.44	4.91	1.0	0.16
	C - 97	100	15.9	615	8.03	5.28	3.19	4.15	7.34	0.8	1.06
	D - 97			692	7.68	7.70	3.47	4.27	7.74	0.8	
	E - 96		17.5	514	7.80	5.04	2.80	2.80	5.60	1.0	0.56
	E - 97		15.9	556	7.70	5.75	3.35	2.99	6.34	1.1	0.59
	F - 97		15.2	394	8.40	4.21	1.88	1.62	4.39	1.2	0.18
Baiyun	G - 96	100	17.3	550	7.75	6.08			6.16		0.08
	G - 97	50	17.6	594	7.44	6.32	5.35	1.19	6.54	5.5	0.22
	H - 97	10		645	8.03	7.05	5.75	1.67	7.42	3.4	0.37
	I - 96	400	18.0	590	7.15	6.52			6.68		0.16
	I - 97	50	16.4	527	7.97	5.43	4.27	1.36	5.63	3.1	0.2
	J - 97	100	16.4	532	7.88	5.63	4.47	1.59	6.06	2.8	0.43
	K - 97			398		4.54	2.63	2.16	4.79	1.2	
	L - 97		16.8	511	7.63	5.59	4.63	0.88	5.51	5.3	
Xin-Shi	M	3	20.4	405	8.45	4.00			4.24		0.24
	N		20		478	8.15	4.88		5.20		0.32
	O		10		515	8.40			5.52		
	P		80	19.8	545	7.53	5.76		6.00		0.24
	R			18.6	470	7.52			5.12		
Wayao	S		16.2	355	8.27	2.75	3.31	0.2	3.51		0.76
	T		15.9	461	8.11	3.77	4.59	0.16	4.75		0.98

## IZLOČANJE SIGE V PONVICAH

Jamo Jiuxiang krasijo kar na štirih mestih različno obsežne sigaste ponvice. Največje ponvice so na obsežnem pobočju, in so kar nekajkrat večje kot v Škocjanskih jamah. Tudi te ponvice, podobno kot ponvice v Škocjanskih jamah, nimajo stalnega dotoka vode. Ob njihovem vznožju so manjše ponvice, ki pa so stalno zapolnjene z vodo.

Ob obisku septembra 1997 smo uspeli zajeti dotekajočo vodo v velike ponvice, vzorec D-97, ki pa so bile le delno zalite s to vodo. Leto poprej, v juliju, ko se je šele dobro začelo deževno obdobje, dotoka ni bilo. Meritve in analize te vode so pokazale najvišje do sedaj izmerjene vrednosti SEP in trdot v okviru naših analiz preniklih voda na yunnanskem in slovenskem krasu. Ker pa dosegajo trdote v svojem sezonskem nihanju, verjetno podobno kot izvorne vode na tem krasu, najvišje vrednosti na začetku deževne dobe, sklepamo, da bi tedaj izmerili lahko še nekoliko višje vrednosti. Analize so



Sl. 4: Izločanje sige v ponvicah v jamah Baiyun in Jiuxiang.

Fig. 4: Flowstone deposition in massive gours in the Baiyun and Jiuxiang caves.

pokazale višje vrednosti magnezija v primerjavi s kalcijem (v mekv/l), kar na slovenskem krasu še nisem zabeležila. Različnost sestave preniklih voda vzdolž jame pa nakazuje pestrost geološke zgradbe, ki jo bodo, kot pričakujemo, potrdile podrobnejše analize kamnine, saj so bili vzeti številni vzorci.

Že ob prvem obisku julija 1996 smo zajeli vzorce vode v manjših, niže ležečih ponvicah, in sicer dotekajočo vodo v 1. ponvico (E<sub>o</sub> - 96) in opraviti meritve v nižjih zaporedno si sledečih ponvicah (tabela 5 in slika 4). Meritve SEP so pokazale zaporedno nižanje vrednosti, zato sklepamo na izločenje sige, oz. recentno rast ponvic. Ker nismo uspeli zajeti dotekajoče vode pred 1. ponvico, sklepamo, da ima ta še višjo SEP oz. večjo vsebnost karbonatov.

Tabela 5: Izločanje sige v ponvicah v jamh Jiuxiang in Baiyun.

Table 5: Flowstone deposition in gours in Jiuxiang and Baiyun caves.

Jama	Mesto	Pretok	T	SEP	pH	Karbon.	Ca	Mg	Celok.t.	Ca/Mg	Nekarb.t.
Cave	Place	Dischar.	T	SEC	pH	Carbonat.	Ca	Mg	Total h.	Ca/Mg	Noncar.
		ml/min	oC	µS/cm		mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l		mekv/l
Jiuxiang	Eo - 96		17.5	514	7.80	5.04	2.80	2.80	5.60	1.00	
	Ea - 96		17.8	489							
	Eb - 96		17.8	488							
	Ec - 96		18.0	472							
	Eo - 97		15.9	556	7.70	5.75	3.35	2.99	6.34	1.10	0.59
	Eb - 97		15.7	477	8.24	4.9	2.35	2.84	5.19	0.83	0.29
Baiyun	Io - 96	100	18.0	590	7.15	6.52			6.68		
	Ia - 96			515							
	Ib - 96			450							
	Ic - 96			385							
	Ko - 97			398		4.54	2.63	2.16	4.79	1.2	
	Ka - 97			385							
	Kb - 97			375							
	Kc - 97			337		3.65	2.07	1.6	3.67	1.3	

Za "oživitev" velikih ponvic bi torej potrebovali vodo z visoko vsebnostjo karbonatov. Voda reke Mai Tian ni primerna, saj ima do 5-krat manjšo karbonatno in celokupno trdoto, ker bi lahko povzročila raztapljanje ponvic.



## **Jama Baiyun**

Jama Baiyun leži v Naigu Kamnitem gozdu. D. Ford, J. N. Salomon in P. Williams (1997) ugotavljajo, da je Naigu stone forest v osnovi iz homogenega sivega apnenca, nad njim pa je plast približno 1.5 m srednje plastovitega masivnega dolomitnega apnenca. Dolomit se pojavlja v obliki "mozoljškov", ki so nastali z rekristalizacijo in so zato bolj odporni proti raztapljanju kot fino zrnati kalcitni matriks in izstopajo iz osnove.

### ***Prenikla voda***

Strop jame je visok le nekaj metrov, njegova debelina pa je več 10 metrov. Jama je lepo zasigana s številnimi drobnimi kapljanji, na nekaterih mestih pa so bili tudi manjši curki prenikle vode. Od vstopa v jamo do njenega konca nas spremlja bister potok. Jamo smo obiskali 18.7.1996, ko so bile dva dni prej izdatne padavine, ki so pogojevale večje pretoke. Vzorec prenikle vode G-96 smo zajeli julija 1996 na stropu. Pretok drobnega curka je znašal 200 ml/min. Voda je po slabem metru poti skozi zrak padala na sigasto kopo ob turistični poti, kjer so bili znaki vidnega odlaganja sige. Značilnosti preniklih voda so razvidne iz tabele 4 in slik 2 in 3.

Ob obisku septembra 1997, ko smo beležili vzdolž jame nižje pretoke prenikle vode kot julija 1996, smo ponovno zajeli vzorec tega curka G-97, ki je dosegal višje vrednosti SEP in trdot, kar pa je verjetno odraz načina in manjše hitrosti pretakanja skozi jamski strop. Razmerje med vsebnostjo kalcija in magnezija je bilo 5.5. Le nekaj metrov stran smo zajeli kapljanje H-97, kjer smo izmerili najvišjo SEP in trdoto prenikle vode v jami. Karbonatna trdota je bila 7.05 mekv/l, celokupna pa 7.42 mekv/l.

### ***Sigaste ponvice***

Julija 1996 smo nekoliko globlje v jami zajeli vzorec curka I-96 s pretokom 400 ml/min, ki je padal v ponvico, voda pa se je nato zaporedno prelivala v več niže ležečih ponvic. Meritve SEP so pokazale znatno upadanje vrednosti, iz česar smo sklepali na opaznejše izločanje karbonatov, oz. rast ponvic. Do druge ponvice je SEP upadla za 13 %, do tretje še za 11 % in do četrte pa še za 11 %. Na razdalji nekaj metrov se je torej SEP zmanjšala kar za 35 %. Ker ni bilo vidnih možnih onesnaževalcev na površju nad jamo, sklepamo, da so spremembe SEP sorazmerne vsebnosti karbonatov. Seveda bi to predpostavko lahko potrdile le vzporedne analize. Ta prenikla voda je imela najvišje vsebnosti karbonatov (6.52 meq/l) in najvišjo celokupno trdoto (6.68 meq/l) od vseh naših meritev prenikle vode julija 1996 na tem območju yunnanskega krasa. Nekarbonatna trdota je bila zelo nizka, žal pa nismo mogli zaradi omejene opreme določiti kalcija.

Septembra 1997 je bil ta curek le počasno kapljanje, popnvice pa so bile delno zalite z vodo, napeljeno iz potoka, tako, da smo zajeli vzorec vode 1 m oddaljenega kapljanja s pretokom okoli 50 ml/min I-97, ki pa je dosegal nižjo vrednost SEP in nižje trdote kot I-96. Vzorčevali smo še le 3 m oddaljen droben curek s pretokom 100 ml/min J-97, ki pa je imel nekoliko višje trdote kot kapljanje I-97. Sklepamo, da so razlike odraz različnega načina pretakanja.

Septembra 1997 smo vzorčevali vodo tudi v manjših ponvicah v začetnem delu jame na točki K. Preko zaporednih ponvic je SEP postopoma upadala od prve do četrte ponvice, skupno za 61  $\mu\text{S/cm}$ . Pri tem se je izločilo 56 mg  $\text{CaCO}_3$ . Vendar je bila vsebnost karbonatov dotekajoče vode (4.54 mekv/l) sorazmerno nizka, saj je dotekajoča voda v velike ponvice v jami Jiuxiang dosegala kar 7.7 mekv/l.

### Potok

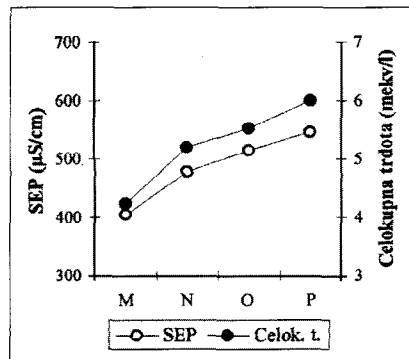
Vse prenikle vode v jami Baiyun so bile prenasičene in povsod so bili vidni znaki svežega izločanja sige ob polzenju vode. Tudi potok (L), ki spremlja obiskovalca vzdolž turistične poti od začetka do konca jame, ima zelo visoke vsebnosti karbonatov in kalcija, magnezij pa je nekoliko nižji, tako, da znaša razmerje Ca/Mg 5.3. Je prenasičen in izloča sigo, saj mu SEP na nekako 400 m dolgi poti po jami upade za 25  $\mu\text{S/cm}$ . Upravljalci jame so to vodo upravičeno napeljali na bližnji stalagmit in nato v sigaste ponvice na točki I, čeprav verjetno prej niso preverili njene sestave. Že na 3 m dolgi poti po stalagmitu upade SEP za 42  $\mu\text{S/cm}$ , kar pomeni sorazmerno hitro izločanje sige.

Najvišje vsebnosti karbonatov v prenikli vodi smo na območju Slovenije zabeležili v jamah Krasa, v Škocjanskih jamah 6.3 mekv/l in v Vilenici 6.6 mekv/l, vendar le pri kapljanjih s pretokom le nekaj ml/min (Kogovšek 1984).

### Jami Xin-Shi in Wayao

V Naigu kamnitem gozdu smo 22. julija 1996 raziskovali tudi v neturistični jami Xin-Shi, ki je bila dalj časa zaprta z veliko skalo. Medtem ko so kolegi opravili izmero jame za izdelavo njenega načrt, sem zajela več vzorcev prenikle vode.

Sl. 5: Jama Xin-Shi: Celokupna trdota in SEP z debelino jamskega stropa naraščata. Fig. 5: Xin-Shi Cave: Total hardness and SEC is proportional to increase of the cave roof thickness.



Površje nad jamo je poraslo s travo in redkejšim grmičevjem. Višina stropa v jami je le do nekaj metrov in opazili smo vidne znake, da se v nižjem delu jame voda občasno dvigne skoro do stropa. Verjetno so bila v jami prav zaradi dežja, ki je padel v noči pred našim obiskom, kar številna drobna kapljanja. Jama leži namreč plitvo pod površjem, z debelino jamskega stropa od 2 m na vhodnem delu do nekako 10 m globlje v jami. Opazili smo precej drobnih kapljanj s pretokom le nekaj ml/min, ter le nekaj izdatnejših. Največji pretok, 80 ml/min, je imel droben curek najgloblje v jami. Meritve in analize so pokazale naraščanje SEC, vsebnosti raztopljenih karbonatov in celokupne trdote v smeri od vhoda v notranjost jame, oz. z večanjem debeline jamskega stropa (tabela 4 in slika 5) kar pomeni, da na najtanjših delih jamskega stropa še ne pride do nasičenja oz. prenasičenja prenikajoče vode.

Vzorec R je voda iz malega jezera v najnižjem delu jame in njene značilnosti odražajo preniklo vodo, ki se zbira na neprepustnem dnu s finim sedimentom. Tudi prenikle vode v tej jami, podobno kot v jamah Jiuxiang in Baiyun, imajo nizko nekarbonatno trdoto.

Podobne značilnosti prenikle vode smo izmerili tudi v jami Wayao, kjer je prenikla voda, ki priteka skozi približno 3 m debel strop (S) dosagala nižje vrednosti trdot kot pa globlje v jami z debelino stropa okoli 8 m (T). V obeh vzorcih smo zabeležili opazno višjo nekarbonatno trdoto, kot pri ostalih preniklih vodah, povečano vsebnost kloridov in sulfatov.

## ZAKLJUČEK

Opazovanja dežja na območju Kamnitega gozda, Yunnan, so pokazala, da lahko pade večja količina dežja v sorazmerno intenzivni obliki (julija 1997 40 mm v 6 urah) ali pa kot počasen dež, ko dnevna količina ne preseže 10 mm. Spec. el. prevodnost dežja je znašala od 17 do 76  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pH od 7.1 do 8.25, skupna vsebnost kalcija in magnezija pa je bila od 3 do 14 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ . Daoxian (1991) navaja, da je vsebnost kalcija v dežju na kitajskem krasu znatno večja kot na nekraškem svetu in presega 12.5 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ . K raztapljanju karbonatnih kamnin pa na pokritem krasu pomembno prispevajo zemljine, oz. topne komponente v njej, ki jih lahko spira dež. To so predvsem silikati, nitrati in kloridi.

Preniklo vodo smo vzorčevali (skupno 25 vzorcev) v štirih jamah julija in septembra ob različnih hidroloških pogojih. Prenikla voda v Jami Jiuxiang je dosegala razmerje Ca/Mg od 0.6 do 1.2, podobno kot tudi reka Mai Tian, ki ponika vanjo. Spec. el. prevodnost, ki odraža količino prisotnih raztopljenih snovi, je znašala od 331 do 692  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , vsebnost karbonatov je bila od 3.36 do 7.7 mekv/l in celokupna trdota od 3.35 do 7.74 mekv/l. Najvišjo vrednost trdot smo zabeležili pri prenikli vodi, ki napaja velike ponvice, in sicer septembra ob višjem vodostaju. Določili smo ji tudi višjo vsebnost magnezija v primerjavi s

kalcijem, česar na slovenskem krasu še nismo izmerili. Ker pa verjetno dosega trdote preniklih voda v svojem sezonskem nihanju, podobno kot izvorne vode na tem krasu, najvišje vrednosti na začetku deževne dobe, sklepamo, da bi tedaj zabeležili še nekoliko višje trdote.

Zanimivo je, da ima tudi dotočna voda v ponvice v Škocjanskih jamah najvišjo trdoto v vsej jami, da je ta dotok občasen in nastopi le po res izdatnih, dalj časa trajajočih padavinah. Vendar ima ta voda le nizko vsebnost magnezija, njene trdote pa so v primerjavi z dotekajočo vodo v velike ponvice v jami Jiuxiang za nekako 15 % nižje.

Prenikla voda v jami Baiyun odraža drugačno kamninsko sestavo kot je v jami Jiuxiang, saj dosega razmerje Ca/Mg vrednosti od 2.8 do 5.5. Voda je prenasičena in izloča sigo. Septembra 1997 so bili pretoki nižji kot julija 1996. Na primerjalni točki G smo izmerili višje trdote in spec.el.prevodnost septembra. Verjetno to odraža prevlado načina pretakanja v pogojih slabše zapoljenosti zaledja curka v primerjavi s sezonskim nihanjem. Sezonsko nihanje trdit pa bi ga lahko potrdili le s pogostejšimi meritvami preko celega leta. V jami Xin-Shi smo zajeli vodo, ki je prenikala skozi 2 do nekako 10 m debel jamski strop. Sorazmerno z naraščanjem debeline jamskega stropa smo izmerili tudi naraščanje trdot, oz. različno stopnjo nasičenosti oz. prenasičenosti vod.

Meritve izločanja sige v ponvicah so v jamah Jiuxiang in Baiyun pokazale, da se že na kratki poti preko nekaj ponvic na razdalji nekako 3 m iz 1 litra vode izloči od 20 % (56 mg CaCO<sub>3</sub>) do 35 % od vseh raztopljenih karbonatov. Sigo pa izloča tudi potok, ki teče skozi jamo Baiyun, ki ga tako lahko uporabljajo tudi za napajanje ponvic in bližnjega stalagmita, ki imata slab dotok prenikle vode.

## LITERATURA

- Ford, D., J. N. Salomon & P. Williams, 1997: The Lunan stone forest as a potential world heritage site. Stone forest - a treasure of natural heritage (Proc.of Internal. Symp.), 107-123.
- Kogovšek, J., 1984: Vertikalno prenikanje v Škocjanskih jamah in Dimnicah.- Acta carsologica, 12 (1983), 49-65, Ljubljana.
- Kogovšek, J. & A. Kranjc, 1988: Opazovanje kislosti padavin v Postojni v letih 1985-87.- Geografski vestnik, 60, 21-29, Ljubljana.
- Yuan D., 1991: Karst of China. 224. Beijing, China.

## **SOME PROPERTIES OF THE PERCOLATION WATER IN THE KARST OF LUNAN, YUNNAN PROVINCE, CHINA**

### **Summary**

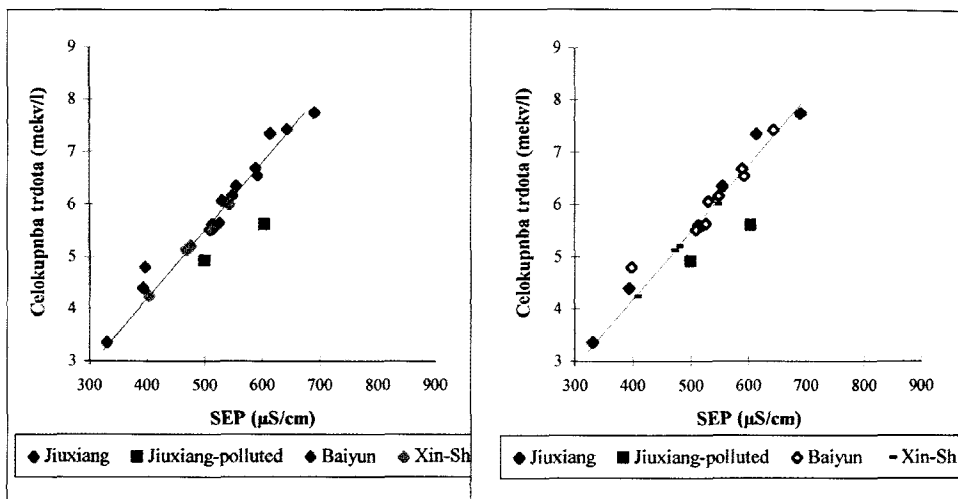
Rainfall in the Stone Forest area, Yunnan, appears either as a relatively intensive rain giving a higher quantity of water (40 mm in 6 hours in July 1997) or as a soft rain when the daily amount does not exceed 10 mm. The specific electrical conductivity of rain varies from 17 to 76 mS/cm and pH from 7.1 to 8.25; the total calcium and magnesium level was from 3 to 14 mg CaCO<sub>3</sub>/l. Daoxian (1991) cites that the calcium level in rain in the Chinese karst is essentially higher than the one on non-karst areas and exceeds 12.5 mg CaCO<sub>3</sub>/l. On covered karst an important contribution to rock solution is provided by the soil, or the more soluble components of it that may be washed out by rain. We established higher levels of silicate, nitrate and chloride.

Percolation water was sampled (altogether 23 samples) in three caves in July and September during different hydrological conditions. The Ca/Mg proportion in percolation water in Jiuxiang cave was from 0.6 to 1.2, as were the levels of the Mai Tian river sinking into this cave. Specific electric conductivity, which shows the quantity of dissolved matter, was from 331 to 692 mS/cm, the carbonate level from 3.36 to 7.7 mekv/l and total hardness from 3.35 to 7.74 mekv/l. In September the highest hardness level was recorded in the percolation water feeding the massive gours when the water level was higher. We also recorded a higher proportion of magnesium to calcium which was never met in the Slovene karst. The level of the percolation water hardness varies seasonally and is highest at the beginning of the rainy season as it is in spring waters also; if we measured in that time, the hardness level would probably be even higher. A similar case was met in Škocjanske Jame where the massive gours are seasonally fed by very hard water; but the absolute level is 15% lower.

The percolation water in Baiyun Cave indicates a different rock structure to the one of Jiuxiang Cave; the Ca/Mg proportion was 2.8 to 5.5. The water is supersaturated and deposits flowstone. In September 1977 the discharges were lower than in July 1996 and at the same point we measured higher hardness levels and higher specific electrical conductivity. In Xin-Shi Cave we sampled the water infiltrated through the cave roof, which is from 2 to 10 m thick. The increase in hardness level, and the level of saturation or supersaturation of water is proportional to increase of the cave roof thickness.

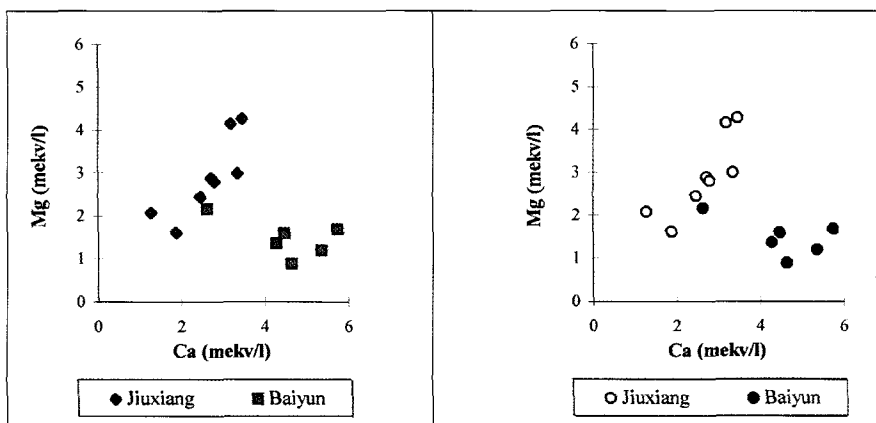
The measurements of the flowstone deposition in massive gours in the Jiuxiang and Baiyun caves showed that during the short flow of about 2 m over three gours, 56 mg CaCO<sub>3</sub> deposits from 1 l of water; this is approximately 20% of all the carbonates. But also the stream flowing through Baiyun Cave deposits flowstone and it is used to feed the gours and the nearby stalagmite where the inflow is weak.





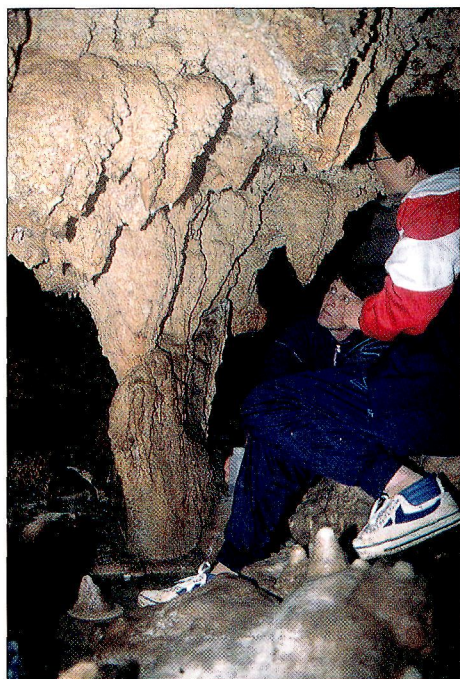
Sl. 2: Celokupna trdota in SEP vseh merjenih preniklih voda.

Fig. 2: Total hardness and conductivity (SEC) of measured percolation waters.



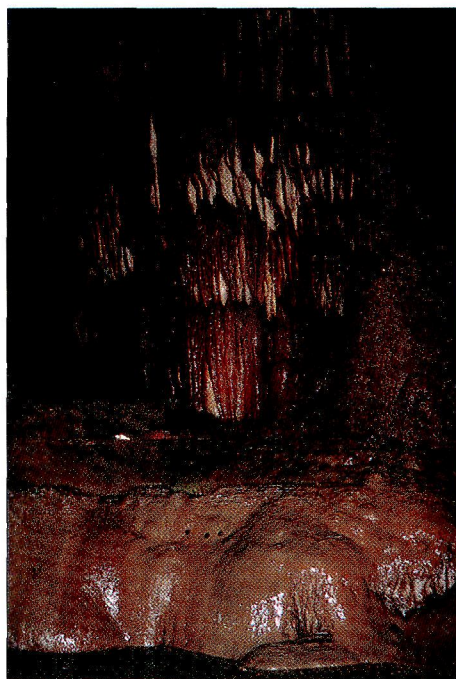
Sl. 3: Kalcij in magnezij v prenikli vodi v jamah Baiyun in Jiuxiang.

Fig. 3: Calcium and magnesium of percolation water in the Baiyun and Jiuxiang caves.



*Sl. 6: Vzorčevanje prenikle vode v jami Baiyun.*

*Fig. 6: Sampling of percolation water in Baiyun Cave.*



*Sl. 7: Izločanje sige v malih ponvcih v jami Baiyun.*

*Fig. 7: Flowstone deposition in small gours in Baiyun Cave.*